

Les odeurs dans l'environnement : dimensions sensorielles et méthodes d'évaluation

Par *Ir. Jacques NICOLAS*,
Dr Anne-Claude ROMAIN, Ir. Julien DELVA

Particularités et dimensions de la variable "odeur"

Les mauvaises odeurs dans l'environnement constituent une réelle préoccupation pour le public comme en témoigne le très grand nombre de plaintes concernant les nuisances olfactives au voisinage de centres d'enfouissement technique (CET), de halls de compostage, d'élevages, de stations d'épuration ou encore d'entreprises diverses comme celles des secteurs agro-alimentaire ou de l'enrobage.

Ce constat semble évident, car l'homme réagit par rapport à ce qu'il perçoit par ses sens, dont l'ouïe, la vue ou l'odorat. Il se plaindra moins de pollutions qu'il ne ressent pas directement, même si elles devaient finalement s'avérer plus dangereuses.

C'est précisément ce qui constitue la difficulté de l'analyse de l'odeur : son caractère hautement subjectif qui nécessite notamment une analyse multidimensionnelle, chaque caractère apportant un éclairage complémentaire à l'évaluation.

Plus que les aspects physiologiques et physico-chimiques de l'odeur, c'est surtout sa repré-

sentation psychologique chez l'individu qui constitue la particularité de la nuisance olfactive dans l'environnement. Elle peut être évaluée selon différentes dimensions :

- la fréquence, ou le rythme avec lequel l'odeur apparaît au cours d'une journée, d'une année ;
- l'intensité, ou la "force" de l'odeur en termes de perception de l'appareil olfactif de l'homme, traduite en sensation par son cerveau ;
- la durée, c'est-à-dire la persistance ou au contraire le caractère fugace de l'odeur ;
- le caractère hédonique ou offensif, c'est-à-dire la tonalité affective qui mesure l'aspect offensif de l'odeur en référence à notre acceptation culturelle de ce qui est considéré comme une "bonne" odeur ou une "mauvaise" odeur ;
- et enfin, la particularité du récepteur, c'est-à-dire la position sociale, culturelle ou économique de la personne qui perçoit l'odeur et sa relation avec la source, sachant par exemple qu'un éleveur acceptera mieux qu'un citoyen une odeur de porcherie.

L'odeur ne peut pas être confondue avec les molécules, les substances ou les processus qui la génèrent. Sa caractérisation ne peut être remplacée par des dosages physico-chimiques de composés volatils et l'effet négatif qu'elle provoque sur les humains ne peut être confondu avec la toxicité. Des produits toxiques peuvent en effet posséder une odeur agréable ou ne rien sentir du tout, comme le monoxyde de carbone, alors qu'un bon nombre de produits odorants ne présentent aucun caractère toxique. La nuisance odorante se caractérise avant tout par une

gêne, pouvant dans certains cas engendrer un sentiment de contrariété et des réactions dépressives pouvant à leur tour produire des nausées ou une perte de l'appétit ou encore un stress qui lui-même peut notamment causer une augmentation de la tension artérielle.

En matière de qualité de l'air, la nuisance olfactive se distingue également par ses échelles spatiales et temporelles réduites. Il s'agit effectivement d'une pollution qui reste en général locale : elle concerne le plus souvent des riverains situés à quelques kilomètres au maximum autour de la source, sauf lorsque le panache odorant est émis à partir d'une cheminée élevée ou que les composés odorants présentent un seuil de détection très bas (mercaptans émis par les entreprises de pâte à papier par exemple). Du point de vue temporel, alors que la toxicité est plutôt évaluée sur base de concentrations moyennes horaires ou journalières, la gêne olfactive, elle, est davantage liée aux pics d'émissions. Ainsi, même si, en moyenne sur une heure, la concentration de l'odeur reste inférieure au seuil de perception, l'individu percevra les pointes de concentration, même très brèves, et les enregistrera comme autant d'épisodes de gêne. La réglementation et les calculs de dispersion atmosphérique devront donc tenir compte de cette contrainte.

Intensité et concentration

L'intensité de l'odeur représente sa "force", c'est-à-dire son niveau tel que mesuré par le nez et traduit par le cerveau de l'individu. Elle doit se distinguer de la concentration, qui est la grandeur du stimulus qui a donné naissance à la réaction d'olfaction.

L'intensité sera en général mesurée par un individu entraîné à évaluer le niveau de l'odeur, indépendamment de toute autre considération, sur une échelle, par exemple, à 5 ou 10 niveaux. La directive allemande VDI3882-1 fournit un canevas rigoureux de cette approche, en proposant une échelle à 7 niveaux, allant de "non perceptible" à "extrêmement fort".

Il est cependant assez difficile de se positionner sur une telle échelle sans référence d'odeur. C'est pourquoi la méthode des équivalences olfactives est souvent préférée. Elle est notamment normalisée en France (AFNOR X-43-103) ou aux USA (ASTM E 544-75). Elle consiste à comparer l'intensité de l'odeur perçue à celle de différentes dilutions fixées et calibrées d'une substance de référence, par exemple du n-butanol. La dilution choisie constituera la mesure de l'intensité. La méthode peut être mise en œuvre au laboratoire, par dilution en phase gazeuse et

présentation à un panel d'assesseurs ou sur le terrain, en présentant à l'expert l'espace de tête au-dessus de fioles contenant différentes dilutions aqueuses du produit.

Quant à la concentration de l'odeur, pour un composé pur, elle représente la même notion que la concentration chimique, exprimée par exemple en fraction molaire (ppb ou ppm). Mais les mélanges gazeux odorants dans l'environnement ne se limitent jamais à un seul composé volatil : ils en comprennent souvent plusieurs centaines.

C'est pourquoi le hollandais Zwaardemaker a introduit dès 1888 la notion de concentration de l'odeur globale.

Cette notion est simplement basée sur celle de dilution de l'odeur dans un air inodore : s'il faut diluer l'odeur initiale un très grand nombre de fois avant d'atteindre le seuil de perception olfactive, cela signifie que cette odeur était très forte.

La valeur de la concentration d'un mélange odorant correspond alors, par définition, au facteur de dilution qu'il faut appliquer à un échantillon d'odeur pour atteindre tout juste le seuil de perception d'un individu "moyen". Une conséquence majeure de cette définition est que la concentration d'odeur au seuil de perception olfactive vaut 1. En effet, si un échantillon prélevé assez loin d'une source correspond déjà tout juste au seuil de perception moyen des individus, il ne faut pas ajouter d'air inodore, et la dilution est unitaire.

Selon la norme européenne EN13725, définissant la méthode de l'olfactométrie dynamique, la concentration d'odeur est mesurée par dilutions successives d'un échantillon prélevé en sac, jusqu'à atteindre le seuil de perception. La technique, qui utilise un panel de 4 à 6 personnes "moyennes", ayant été décrite dans un précédent article, ne sera pas détaillée ici. Rappelons simplement que la limite de détection de l'olfactométrie est de l'ordre de 30~50 uo/m³ : vouloir mesurer une odeur en dessous de cette concentration est pratiquement utopique.

Si l'objectif est d'évaluer la nuisance dans l'environnement à partir des données à la source, c'est cependant en termes de flux qu'il faut décrire l'émission d'odeur. La variable utile est alors un débit d'odeur, en unité-odeur par unité de temps (uo/s). Pour une émission canalisée, par une cheminée ou un conduit d'évacuation quelconque, le débit d'odeur se calcule simplement par le produit du débit de l'effluent gazeux (en m³/s) par sa concentration d'odeur, mesurée par olfactométrie (norme EN13725) sur un échantillon prélevé dans le conduit (en uo/m³).

Pour une émission surfacique, comme celle d'un bassin de décantation ou celle de biogaz qui traverse la couverture d'un centre d'enfouissement technique, le flux d'odeur (en uo/m²s) est plus difficile à évaluer. Le principe le plus couramment utilisé consiste à isoler une portion de la surface émettrice avec une chambre à flux ou chambre d'émission, dans laquelle l'atmosphère odorante sera prélevée.

Mais pour une émission diffuse et fugitive, comme celle résultant des diverses activités d'une industrie, d'un abattoir ou d'un CET, avec des allées et venues de camions, des mouvements de matières et des odeurs sortant par bouffées de multiples sources, aucune méthode de prélèvement à l'émission n'est possible. La technique préconisée est alors celle du traçage de l'odeur sur le terrain par des équipes d'experts qui délimitent, simplement par leur nez, la zone de perception de l'odeur émise dans l'environnement pour un jour donné et des conditions météorologiques données. Ces conditions sont ensuite introduites dans un modèle de dispersion atmosphérique spécialement adapté aux odeurs, avec la géométrie de la source et éventuellement la topographie de l'environnement. Le débit d'odeur global (en uo/s) est alors ajusté par "essais-erreurs" pour que la courbe de perception calculée par le modèle corresponde au mieux à celle évaluée sur le terrain. Ce rétro-calcul fournit donc une estimation du débit d'odeur pour les conditions d'émission du moment de la mesure. Cette technique, appliquée plusieurs fois, à des époques différentes, permet de produire une information à valeur statistique qui serait le débit d'odeur "typique" du site.

Une version adaptée de cette méthode de traçage d'odeur sur le terrain, sorte "d'olfactométrie déambulatoire", a été appliquée avec succès par le groupe de recherche "sur-

veillance de l'environnement" de l'université de Liège-campus d'Arlon, notamment dans le cadre du réseau de suivi des CET mis en place par la DGRNE (Région wallonne). Elle a le mérite d'apprécier exactement ce que le riverain ressent dans l'environnement, puisque les opérateurs déduisent l'émission de leurs perceptions à l'immission. Comme toute méthode de mesure, elle est basée sur des hypothèses, mais en tout état de cause, elle permet une évaluation relative du débit d'odeur, qui légitime la comparaison de différentes sources ou de différentes émissions dans le temps.

La figure 1 montre un panache d'odeur ajusté autour des "points-odeurs" détectés par les opérateurs autour d'un CET. La valeur du débit d'odeur ajustée par le modèle pour faire ainsi correspondre le panache estimé à la zone de perception réelle est de 39.424 uo/s. Il va sans dire que les 5 chiffres de ce débit ne sont pas tous significatifs : il s'agit de la valeur fournie par le modèle mathématique.

Quelle que soit la méthode utilisée, il convient toujours d'être très prudent dans l'interprétation des résultats et de prendre en compte l'incertitude de la mesure. En effet, même une méthode rigoureuse de laboratoire respectant une norme, comme l'olfactométrie dynami-

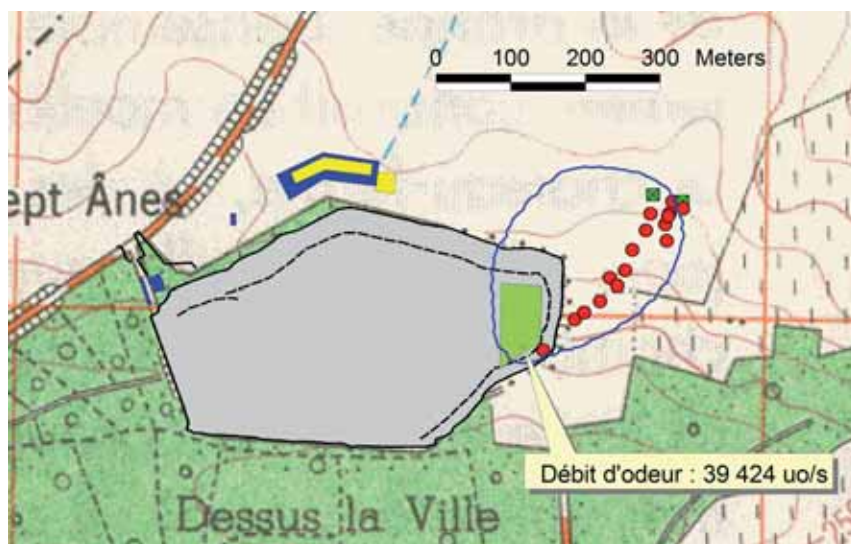


Figure 1 : Panache d'odeur ajusté autour des observations de terrain

que, est entachée d'un intervalle de confiance très large, qu'on estime aller de la moitié au double de la valeur. Une différence d'odeur, par exemple pour évaluer l'effet de dispositifs de réduction des émissions, ne sera donc significative que si elle atteint des proportions importantes.

Exposition et percentiles

Le niveau d'odeur ne peut, à lui seul, traduire la notion de nuisance olfactive. Une odeur, même à une concentration de 1.000 uo/m³, n'engendrera pas de gêne réelle et durable si elle n'est perçue que pendant quelques heures sur une année. À l'inverse, une faible odeur perçue pendant plusieurs mois, sera considérée comme une nuisance pour les riverains.

C'est la raison pour laquelle l'exposition est en général évaluée par une variable statistique incluant à la fois l'espace et le temps : c'est la notion de percentile.

Dans le domaine des odeurs, un percentile est, par définition, le lieu des points de l'espace où l'on reste sous une certaine concentration d'odeur pendant un certain pourcentage du temps. Ainsi, le percentile 90 pour 5 uo/m³ est une courbe que l'on peut tracer sur un fond de carte et sur laquelle les riverains exposés restent sous la concentration de 5 uo/m³ pen-

dant 90 % du temps durant une année-type. Elle délimite donc une zone à l'extérieur de laquelle la concentration de 5 uo/m³ n'est dépassée que pendant moins de 10 % du temps.

Une tendance actuelle en matière de législation-odeur en Europe serait de ne pas imposer de valeurs à l'émission, mais plutôt de limiter l'exposition des riverains, à l'image de ce qui est proposé pour le bruit. En l'occurrence, certains définissent l'exposition comme la concentration de l'odeur relative au percentile 98 qui passe par le riverain. Une exposition de 7 uo/m³ pour un riverain représenterait donc la concentration sous laquelle il reste pendant 98 % du temps et qui n'est donc dépassée que pendant les 2 % du temps restants.

La figure 2 montre le percentile 98 correspondant à une concentration de 1 uo/m³ ainsi que les valeurs d'exposition calculées comme expliqué ci-dessus pour 4 récepteurs différents. La source d'odeur est repérée par un point jaune et le débit d'odeur dans ce cas précis est de 22.000 uo/s.

Le tracé des percentiles et donc l'évaluation de l'exposition des riverains requièrent la connaissance d'un débit d'odeur "typique" de la source étudiée et d'un climat moyen annuel pour le site considéré, injectés dans un modèle de dispersion atmosphérique spécialement adapté aux odeurs. C'est la seule manière de délimiter les percentiles. Leur validation sur le terrain est pratiquement impossible. Il serait en effet nécessaire de mesurer de faibles concentrations d'odeur, de l'ordre de quelques unités-odeur seulement, de manière continue pendant au moins une année. Non seulement les concentrations considérées sont sous le seuil de détection de l'olfactométrie, mais un tel nombre de mesures régulières entraînerait des coûts prohibitifs.

Figure 2 - Percentile 98 pour 1 uo/m³ et valeurs d'exposition pour 4 récepteurs



Impliquer les riverains

Une manière approchée d'apprécier l'exposition et la nuisance olfactive est d'impliquer les riverains comme outils de mesure de l'odeur. Si l'enquête ponctuelle ou le relevé des plaintes s'avèrent être des outils précieux, l'approche la plus fiable est probablement celle des riverains-vigies.

Les vigies sont un panel de personnes choisies dans la population, en général, des bénévoles, qui s'engagent à porter des jugements sur la nuisance odorante à intervalles réguliers et étalés sur de longues périodes. Il s'agit d'utiliser les habitants d'une région concernée, dans leur environnement, et de leur poser une série de questions simples sur la perception de l'odeur, par exemple deux fois par jour et tous les jours sur l'année.

Si les réponses sont suffisamment objectives, exhaustives et fiables, cette méthode a l'avantage de rassembler non seulement les épisodes-odeur, mais également tous les cas où l'odeur n'était pas perceptible. Pour un traitement statistique ultérieur, ce type d'information est essentiel.

Suivi continu, le nez électronique

Quelles que soient la motivation et la disponibilité des riverains pour réaliser des mesures, la fréquence d'observation restera toujours limitée et il sera difficile, sur cette base, de détecter toutes les émergences d'odeur dans le background ambiant. C'est pourquoi l'idée du nez électronique paraît séduisante. Un appareil de mesure de l'odeur pourrait, en effet, suivre les odeurs en continu de manière objective et reproductible.

Un nez électronique est constitué d'un réseau de capteurs sensibles aux gaz. Ils sont très peu spécifiques, mais, en même temps, ils



Figure 3 - Nez électronique placé à proximité d'andain de compost

réagissent chacun un peu différemment lorsqu'ils sont exposés à une atmosphère gazeuse donnée. La réponse de certains d'entre eux sera plus importante en présence par exemple des composés volatils azotés d'un élevage et d'autres réagiront davantage en présence des gaz d'échappement des véhicules passant sur le site. En rassemblant les signaux de ces 6, 12 ... 15 capteurs, on obtient donc un "pattern", véritable signature caractéristique de chacune des ambiances gazeuses du site étudié. Le calibrage de l'appareil consistera en une phase d'apprentissage durant laquelle le nez électronique sera soumis un grand nombre de fois aux quelques ambiances susceptibles d'être présentes sur le site. Un modèle de reconnaissance, basé par exemple sur des techniques statistiques multivariées, sera alors construit pour mettre en relation un "pattern" donné de signaux de capteurs avec une source caractéristique. Ce modèle pourra ensuite être utilisé en temps réel pour détecter un événement odeur et en identifier la source.

Malheureusement, la limite de détection actuelle des capteurs gaz ne permet pas encore de placer des nez électroniques dans l'environnement, à proximité des riverains. Une utilisation tout à fait pertinente cependant est de disposer des nez électroniques

en périphérie d'un site émetteur d'odeur, afin de suivre l'émission en continu. Couplé à une station météorologique, l'appareil peut ainsi évaluer en temps réel un panache d'odeur et donc une zone de nuisance potentielle.

Une telle approche est loin d'être une utopie : des réalisations en cours dans l'unité "Surveillance de l'environnement" d'Arlon en ont démontré la faisabilité (figure 3). Cette technique, ainsi qu'un savoir-faire en matière d'évaluation des odeurs dans l'environnement, ont motivé la création de la spin-off Odometric, dont les objectifs sont, à la fois d'apporter une aide à l'exploitant qui doit prendre une décision en matière d'odeur, et d'objectiver la perception de riverains.

Conclusion

Si la perception de mauvaises odeurs dans l'environnement est une préoccupation très ancienne, ce n'est qu'assez récemment que leur mesure a été standardisée. Or, à partir du moment où il devient possible de comparer entre eux des résultats mesurés, de manière objective et fiable, il devient également tout à fait pertinent d'introduire des normes ou des limitations dans les permis d'exploiter. Diverses législations se mettent actuellement en place dans plusieurs pays. Certaines sont basées sur des notions de concentration ou de débit d'odeur à l'émis-

sion, d'autres sur les distances d'acceptabilité de la nuisance olfactive, d'autres encore sur des expositions calculées par des percentiles. Une homogénéisation au niveau européen est souhaitable. En attendant, les différentes approches ont le mérite de fixer des balises à la fois pour l'exploitant et pour les riverains. La tendance actuelle vers la standardisation des méthodes de mesure pourra garantir une relative fiabilité des résultats obtenus, et ainsi compenser, au moins partiellement, la subjectivité d'appréciation de l'odeur.

**Ir. Jacques NICOLAS,
Dr Anne-Claude ROMAIN,
Ir. Julien DELVA**
**Université de Liège -
Campus d'Arlon -
Unité "Surveillance de
l'Environnement"**

Av. de Longwy, 185 - 6700 Arlon
[www.dsge-arlon.ulg.ac.be/
ulg_surveillance/index.php?
option=com_contact&itemid=31](http://www.dsge-arlon.ulg.ac.be/ulg_surveillance/index.php?option=com_contact&itemid=31)

Ir. Jacques Nicolas



Jacques Nicolas est ingénieur civil physicien (UCL 1974) et docteur en sciences appliquées (UCL 1977- en physique de l'état solide). Il s'est ensuite réorienté vers l'environnement en rejoignant la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL) en 1979. Il a d'abord travaillé dans le domaine des énergies renouvelables dans le bâtiment. Il est actuellement chargé de cours et responsable de l'unité de recherche "Surveillance de l'Environnement" de l'ULg, qui a intégré l'ancienne FUL. Son domaine de recherche actuel est celui des mesures d'odeurs dans l'environnement et des pollutions à l'intérieur des bâtiments.

Ir. Julien Delva



Julien Delva, ingénieur agronome diplômé de la faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux (2000) a intégré l'unité "Surveillance de l'Environnement" en février 2005 dans le cadre d'un projet FIRST Spin-Off.

Parallèlement à ses travaux de recherche dans le domaine des nez électroniques et des odeurs, il a suivi des formations complémentaires en gestion et création d'entreprise. Son action va aboutir à la création, en janvier 2008, d'Odometric, société d'expertise dans la mesure des odeurs environnementales.

Dr Anne-Claude Romain



Anne-Claude Romain a obtenu une licence en sciences chimiques de l'ULg en 1992, puis un DES en sciences de l'environnement à la FUL en 1993. Après un passage à l'IBGE à Bruxelles, elle a entrepris une thèse de doctorat en sciences de l'environnement qu'elle a défendue à l'ULg en 2006, sur l'utilisation de réseaux de capteurs pour le suivi continu des odeurs sur le terrain. Au sein de l'ULg, elle assure actuellement une recherche et un enseignement dans le domaine de la pollution atmosphérique.